



Universidade Federal do
Rio de Janeiro

Programa de pós-graduação em
Ensino de Física
Campus Macaé



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



DE NEWTON A EINSTEIN: A COSMOLOGIA EM UMA HIPERMÍDIA

Hudineia Fitaroni França de Souza

Material instrucional associado à dissertação de Mestrado de Hudineia Fitaroni França de Souza, apresentada Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, campus Macaé.

Orientador:
Habib Sólomon Dumet Montoya

HUDINEIA
Introdução | A Proposta | Lei da Gravitação Universal | Teoria da Relatividade Geral | Cosmologia | Biotecnologia | Quem sou eu? | Contato

Vamos mudar essa ideia?

Prof. Hudineia Fitaroni
e-mail: hfitaroni@ufrrj.br

Macaé
Fevereiro - 2017

1. Apresentação.....	1
2. A estrutura da hipermídia.....	2
2.1. Abertura e Informações Gerais.....	4
2.2. Lei da Gravitação Universal.....	6
2.3. Teoria da Relatividade Geral	8
2.4. Cosmologia.....	11
3. Recursos interativos da hipermídia	13
4. Aplicação da Hipermídia.....	18
4.1 Levantamento do perfil do aluno e pré-teste.....	18
4.2 Utilizando a hipermídia.....	25
4.3 Avaliação	30
Referências Bibliográficas	38

Figuras

Figura 2.1: Estrutura da hipermídia no Adobe Muse.....	3
Figura 2.2: Edição do texto no Adobe Muse.....	3
Figura 2.3: Tela de abertura da hipermídia.....	5
Figura 2.4: Tela “ A proposta ”.....	5
Figura 2.5: Página da hipermídia com o contato do autor.....	6
Figura 2.6: Introdução ao estudo da Lei da Gravitação Universal.....	7
Figura 2.7: Introdução ao estudo da Relatividade Geral.....	8
Figura 2.8: O eclipse de Sobral.....	9
Figura 2.9: Síntese das principais ideias da gravitação newtoniana e einsteiniana.....	9
Figura 2.10: Introdução ao estudo da Cosmologia Moderna.....	11
Figura 2.11: A Geometria do Universo.....	12
Figura 3.1: Simulador Phet Colorado sobre Lei da Gravitação Universal inserido na atividade 2 da Teoria da Gravitação Universal.....	14
Figura 3.2: Animação que demonstra a precessão de Mercúrio descrito no tópico “Princípio da Equivalência” do módulo Teoria da Relatividade Geral.....	14
Figura 3.3: Atividade com simulador do tópico “O foguete de Einstein” do módulo Teoria da relatividade Geral referente ao experimento mental realizado por Einstein que o conduziu ao Princípio da Equivalência.....	15
Figura 3.4: Vídeo do tópico “gravidade zero” do módulo Teoria da Gravitação Universal, demonstrando uma queda livre para simular situações de imponderabilidade, conhecida como “gravidade zero”.....	16
Figura 3.5: Atividade prática sobre a curvatura do espaço-tempo e sua influência na gravitação inserida no tópico “Eclipse de Sobral – atividade 3”.....	17
Figura 3.6: Sugestão de leitura do texto “A força criadora do universo” da revista eletrônica Ciência Hoje cujo hiperlink redireciona o usuário diretamente para a reportagem da revista.....	17

Quadros

Quadro 1: lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre LGU.....	7
Quadro 2: Lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre Teoria da Relatividade Geral.....	10
Quadro 3: lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre Cosmologia.....	13

1. Apresentação

Prezado colega professor,

A sala de aula do século XXI necessita estar em sintonia com a sociedade tecnológica em que está inserida. É fato que a maioria dos educandos interage frequentemente com o ciberespaço, seja através de computadores, *tablets* ou *smartphones* e sentem-se à vontade no mundo virtual. Assim, é importante que o processo ensino-aprendizagem contemple essa realidade e os educadores usem esse artifício tecnológico para facilitar a construção do conhecimento por parte dos alunos.

Outro ponto importante e que não podemos deixar à margem no ensino da Física é a FMC, pois esta é a área que contempla os saberes que possibilitam o entendimento de aparelhos e artefatos atuais, bem como diversos fenômenos cotidianos que somente podem ser compreendidos se alguns conceitos estabelecidos a partir da virada do século XX forem utilizados (Terrazzan, 1992).

Em concordância com Gil Pèrez (1987) acreditamos que o ensino da FMC possibilite aos alunos construir uma ideia de física articulada com o trabalho científico. O interesse dos alunos do Ensino Médio por aspectos do cotidiano encontram um grande obstáculo quando a FMC não está presente no currículo (Valadares 1998).

Foi mediante a visão da necessidade de trazer as TIC e a FMC para a sala de aula do século XXI que elaboramos a proposta desse trabalho de mestrado: a construção de uma hipermídia que proporcionasse uma maior interação entre objetos educacionais que encontramos no ciberespaço (vídeos, artigos, simuladores, hiperlinks, imagens, etc.) com o tema da FMC, a saber, a gravidade descrita pela Teoria da Relatividade Geral e sua conexão com a Cosmologia Moderna. Com esse sistema de hipermídia é oferecido aos professores e alunos um espaço em que o ensino e aprendizagem de conceitos físicos são facilitados por ser o aluno uma peça ativa na construção do conhecimento e o professor o mediador desse processo. Dessa forma espera-se que o produto contribua para uma aprendizagem significativa através da contextualização, ilustração, experimentação e enriquecimento dos conteúdos.

A hipermídia encontra-se hospedada no endereço www.hudineiafitaroni.com.br. Ela contém textos de fácil entendimento para leigos, mas também oportuniza recursos de enriquecimento literário para aqueles que desejem se aprofundar no tema. Encontram-se presentes alguns simuladores, vídeos, sugestões de filmes, artigos

científicos, biografias e questões problematizadoras, entre outros recursos, para que os alunos e o professor possam dispor de vários objetos educacionais reunidos em um único lugar, tal qual um livro interativo, aonde o conhecimento vai sendo tecido de forma a garantir que as teorias de Newton e Einstein acerca da gravidade sejam tratadas. A escolha dos objetos educacionais teve como norte aqueles que possibilitassem a compreensão e contextualização do conteúdo tratado, selecionados de livros didáticos ou disponíveis na internet.

O que se pretende é que a hipermídia permita que diversos fenômenos e eventos físicos de difícil explicação, por serem muito abstratos e difíceis de imaginar/visualizar em práticas pedagógicas tradicionais, possam ser compreendidos através do material disponibilizado em seu teor. Com o uso da hipermídia, o aluno poderá navegar e explorar o formalismo científico, a história da Cosmologia e os conceitos necessários de serem construídos, assim como também conhecerá a aplicação das tecnologias desenvolvidas pela engenharia que permitem explorar e entender cada vez mais o universo em que vivemos, tais como telescópios, radiotelescópios, satélites espaciais, sondas espaciais, estações espaciais dentre outros. Nesse contexto, a hipermídia foi concebida para auxiliar professores e alunos durante suas aulas, dinamizando-as através de um material de apoio pedagógico com recursos variados e bastante ilustrativos, porém ela também pode ser considerada como um curso introdutório sobre gravitação e Cosmologia para qualquer visitante que se interesse pelo tema, pois em si mesmo o texto é autoexplicativo.

2. A estrutura da hipermídia

Procurando um *design* atrativo e estético que chame a atenção dos estudantes, optou-se por utilizar a ferramenta de *WebDesigner Adobe Muse*¹, escolhido por não requerer a escrita de código para publicar em HTML (HyperText Markup Language) e permitir a personalização da página de maneira simples, como mostramos nas Figuras 2.1 e 2.2.

A hipermídia pode ser visualizada principalmente em computador, *tablet* e *smartphone*. Entretanto, para poder adequá-la a este último é requerida a diminuição da resolução de imagens e vídeos, além da perda de qualidade das fontes de textos.

¹ Adobe Muse: <http://muse.adobe.com/>

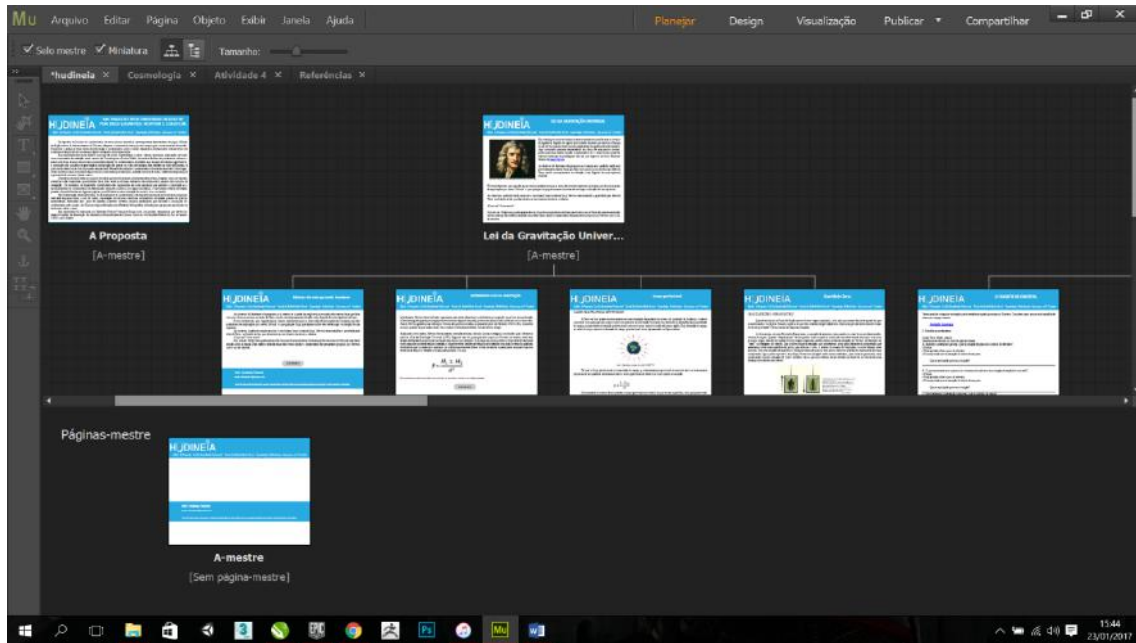


Figura 2.1: Estrutura da hipermídia no Adobe Muse.

Fonte: próprio autor.

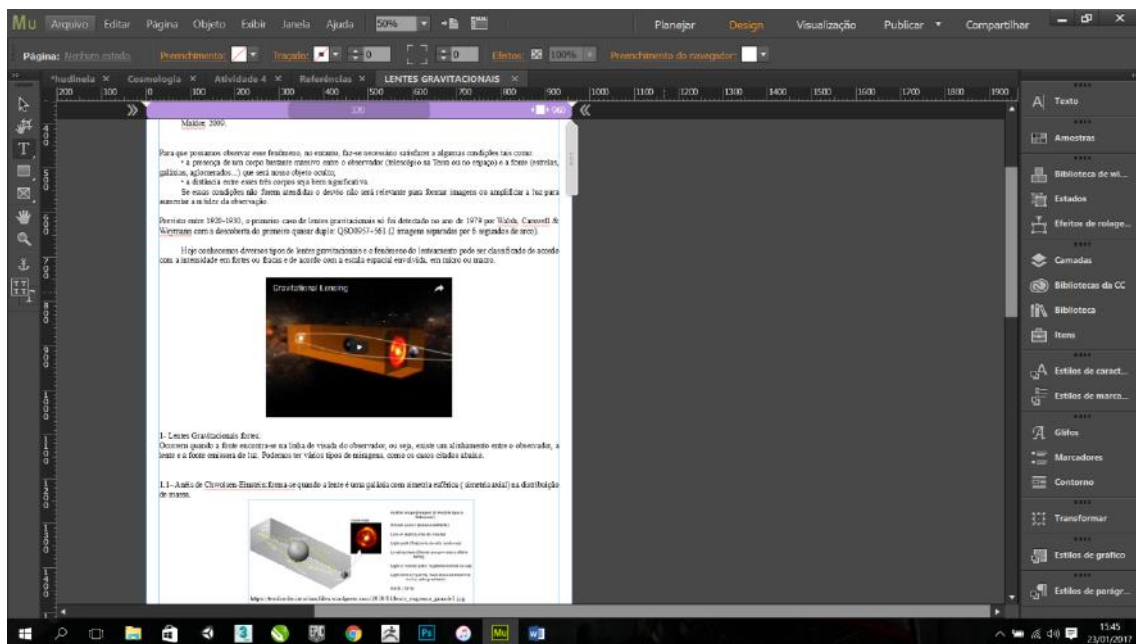


Figura 2.2: Edição do texto no Adobe Muse.

Fonte: próprio autor.

A hipermídia desenvolvida foi estruturada em oito módulos que reúnem textos e objetos educacionais afins que se relacionam por nós ou *links*. Cada módulo subdivide-se em tópicos exibidos na barra do *menu*, permitindo uma fácil navegação por parte do usuário. Os módulos da hipermídia e seus tópicos são:

1. **Início:** tela de abertura da hipermídia que convida a navegar por ela.
2. **A proposta:** trata de uma apresentação da hipermídia, bem como o objetivo da mesma.
3. **A Lei da Gravitação Universal (LGU):** esse módulo trata da gravitação na concepção de Newton, desde as suas ideias iniciais até temas atuais como gravidade zero.
4. **Teoria da Relatividade Geral:** aqui estão descritos os pensamentos que levaram Einstein a propor uma nova teoria para a gravitação e como foi possível provar tais concepções.
5. **Cosmologia:** nesse módulo alguns temas relacionados à explicação da organização e composição do Universo.
6. **Referências:** traz as referências dos livros, artigos, reportagens, vídeos, figuras, simuladores e demais objetos utilizados na construção da hipermídia.
7. **Quem eu sou:** nesse módulo encontra-se o acesso aos dados do pesquisador/autor do produto.
8. **Contato:** permite que o usuário tenha um diálogo com o pesquisador/autor da hipermídia.

A seguir detalharemos os principais aspectos desses módulos, bem como a estrutura da hipermídia.

Todo o material selecionado, sugerido e/ou incluído na hipermídia apresenta uma estrutura sequencial de maneira a seguir o curso histórico dos acontecimentos, porém o visitante poderá abordar qualquer tópico dos módulos isoladamente.

2.1 Abertura e Informações Gerais

A tela inicial de abertura da hipermídia possui *design* simples e claro, com uma charge que remete a um diálogo entre Newton e Einstein e um convite a conhecer a história por trás dos gênios (ver Figura 2.3). A barra do *menu* também é apresentada na tela inicial para que o visitante possa selecionar por onde quer começar a navegar.



Figura 2.3 - Tela de abertura da Hipermídia disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/>.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O módulo dois, **A proposta**, traz uma apresentação da ideia principal da hipermídia i.e., seus objetivos, definição e elaboração, como ilustra a Figura 2.4.

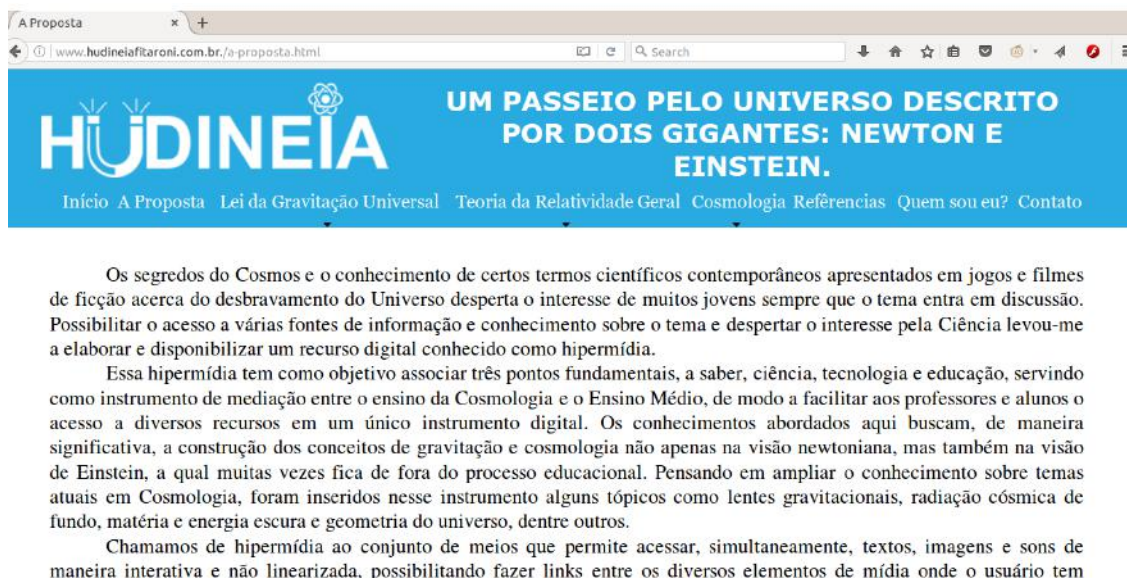


Figura 2.4: Tela “A proposta” disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/a-proposta.html>.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Nos módulos três, quatro e cinco, a serem detalhados nas próximas subseções, o visitante encontrará os textos explicativos escritos pelo autor sobre o conteúdo proposto, buscando sempre transpor a linguagem rebuscada do formalismo matemático e de termos técnicos, principalmente nos temas da Lei de Gravitação Universal – LGU, Relatividade Geral e Cosmologia, para uma linguagem clara e de fácil compreensão

para os usuários leigos. Além disso, no módulo seis encontrar-se-ão as referências usadas no decorrer da elaboração da hipermídia.

O módulo sete contém o *link* de acesso ao currículo Lates do autor da hipermídia e no módulo oito, o visitante tem a opção de contato com o autor para enviar perguntas, sugestões ou comentar sobre o material disponível através de e-mail, como ilustrado na Figura 2.5.

The image shows a web browser window with the title 'Contato - Mozilla Firefox'. The address bar shows 'www.hudineiafitaroni.com.br/contato.html'. The page has a blue header with the logo 'HUDINEIA' on the left and the text 'Fale Conosco' on the right. Below the header is a navigation menu with links: 'Início', 'A Proposta', 'Lei da Gravitação Universal', 'Teoria da Relatividade Geral', 'Cosmologia', 'Referências', 'Quem sou eu?', and 'Contato'. The main content area contains a contact form with three input fields: 'Nome:' with a placeholder 'Inserir nome', 'Email:' with a placeholder 'Inserir email', and 'Mensagem:' with a placeholder 'Insira sua mensagem'. Below these fields is a button labeled 'Enviar'.

Figura 2.5: Página da hipermídia com o contato do autor. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/contato.html>.
Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

2.2 Lei da Gravitação Universal

No módulo três, ao tratar o tema LGU, utilizamos uma linguagem semelhante àquela encontrada na maioria dos livros didáticos recomendados pelo MEC através do GDL para uso no Ensino Médio. Das quatorze obras recomendadas apenas a coleção *Conexões com a Física* (Martini, 2013) não faz referência à gravitação newtoniana. Dentre tantos tópicos que podem ser abordados nesse tema, optamos por um tratamento sem muitos desdobramentos, visto que nosso objetivo é introduzir a Relatividade Geral a partir da gravitação newtoniana. Os tópicos abordados foram a história da construção da LGU por Newton, a sua concepção matemática (Figura 2.6), o campo gravitacional e a gravidade “zero”.

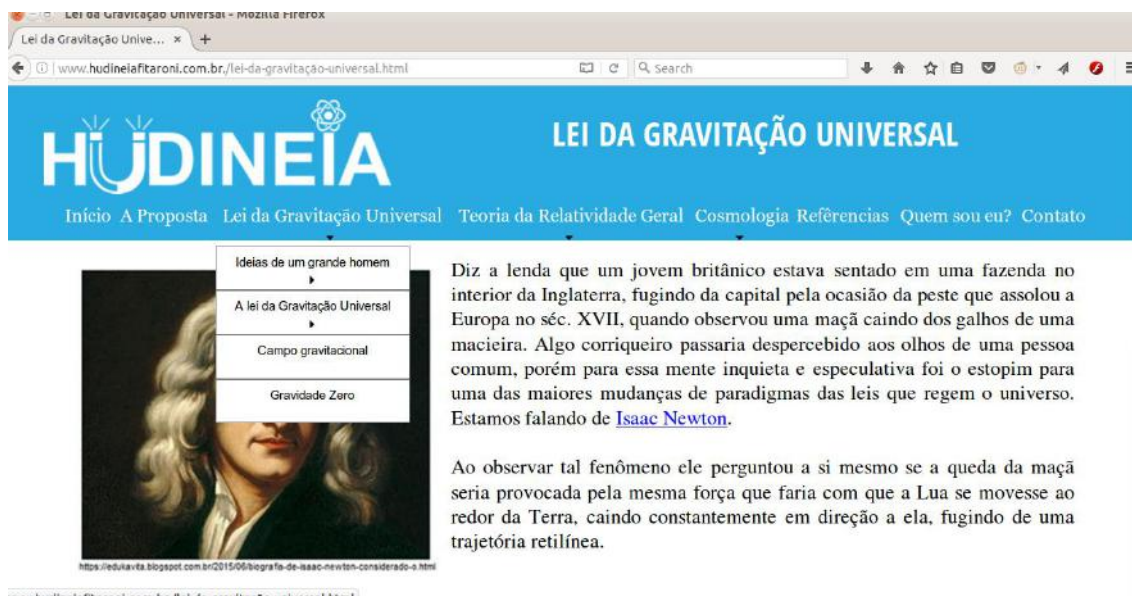


Figura 2.6: Introdução ao estudo da Lei da Gravitação Universal. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/lei-da-gravitacao-universal.html>.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Para a construção do texto base desse módulo utilizamos as referências listadas no Quadro 1.

Quadro 1: lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre LGU.

Lei da Gravitação Universal	
Textos e Artigos	Livros
<ul style="list-style-type: none"> • A força criadora do universo (Oliveira, 2010). • Uma questão de ponto de vista (Oliveira, 2011). • Da Gravitação de Newton à Relatividade de Einstein (Rego, 2013). • Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein (Porto, 2008) 	<ul style="list-style-type: none"> • Física 2 – Gravitação, Ondas e Termologia (Luiz, 2007). • Fundamentos de Física Conceitual (Hewitt, 2008). • Quanta física (Kantor et al, 2013). • Física em Contextos: pessoal, social e histórico (Pietrocola, 2010). • Ser Protagonista – Física Ensino Médio (Válio, 2013)

2.3 Teoria da Relatividade Geral

No quarto módulo começamos a abordagem da Relatividade Geral (Figura 2.7) com um breve histórico dos estudos de Einstein, e propomos a leitura do texto “*A força criadora do Universo*” como subsunçor para o tema, pois o texto faz uma breve comparação entre a gravitação aos olhos da dinâmica de Newton e de Einstein.

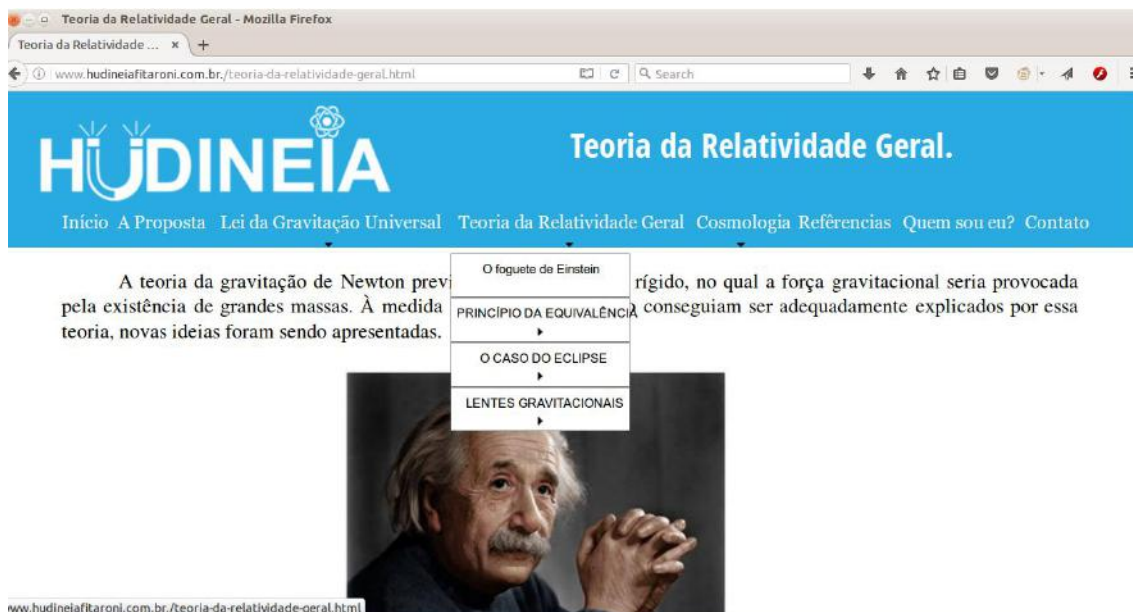


Figura 2.7: Introdução ao estudo da Relatividade Geral. Disponível em www.hudineifitaroni.com.br/teoria-da-relatividade-geral.html

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Um tópico importante desse módulo é o caso do *Eclipse de Sobral*, ilustrado na Figura 2.8, onde é discutido o trabalho de Einstein e seus parceiros Freudlinch, Eddington, Davidson e Crommelin, entre outros, na busca pela comprovação de que a luz pode ser defletida por corpos muito massivos, fenômeno que ficou conhecido como *lenteamento gravitacional* (Renn et al, 1997).

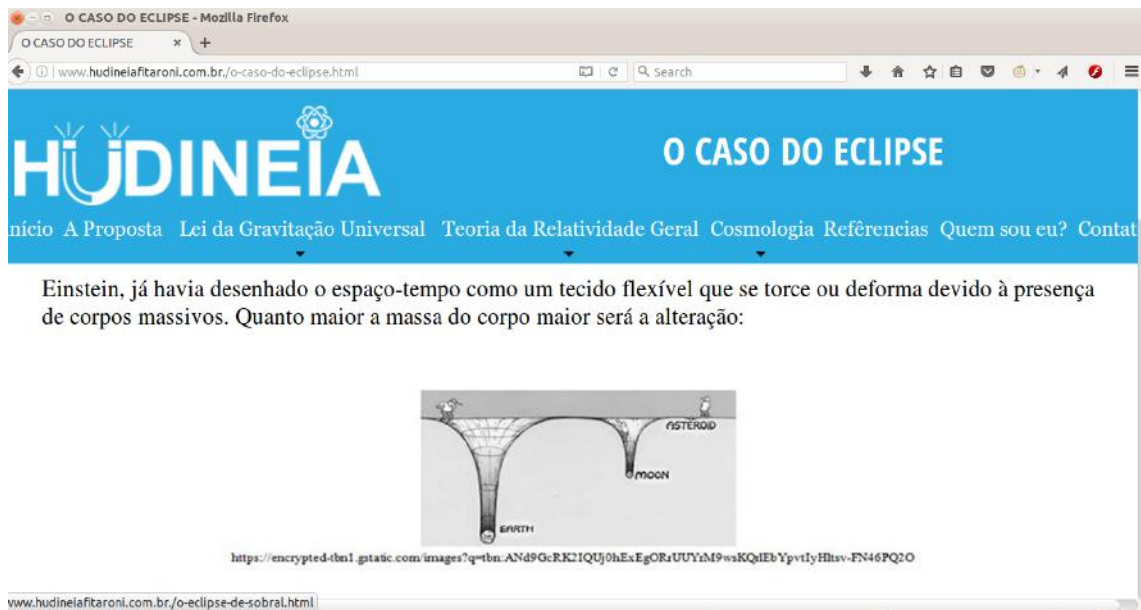


Figura 2.8: O eclipse de Sobral. Disponível em www.hudineiafitaroni.com.br/o-eclipse-de-sobral.html.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Ao final da atividade 3 do tópico Eclipse de Sobral, nomeada “A curvatura espaço-tempo e a gravidade”, encontramos um quadro síntese que compara as principais ideias da gravidade na concepção newtoniana e na concepção relativística einsteiniana para que os estudantes possam fazer um fechamento desse tema, como mostrado na Figura 2.9.

A comprovação do desvio da luz pela gravidade, possibilitou uma nova maneira de entender e observar o Universo através de um fenômeno proposto pela por Eddington, em 1920, que ficou conhecido como LENTES GRAVITACIONAIS.

Prof. Hudineia Fitaroni

Figura 2.9: Síntese das principais ideias da gravitação newtoniana e einsteiniana. Disponível em www.hudineiafitaroni.com.br/atividade-3.html

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os tópicos desse módulo foram selecionados por serem de fácil compreensão para essa faixa etária e permitirem, a partir de uma análise conceitual, construirmos a ideia principal da gravitação dentro da Relatividade Geral. Os textos e livros utilizados para a construção desse módulo estão listados no Quadro 2.

Quadro 2: Lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre Teoria da Relatividade Geral.

Teoria da Relatividade Geral	
Textos e Artigos	Livros
<ul style="list-style-type: none"> • A força criadora do universo (Oliveira, 2010) • Da Gravitação de Newton à Relatividade de Einstein (Rego, 2013) • Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein (Porto, 2008) • Lentes gravitacionais mostram que a cosmologia está na rota correta (Space Today, 2010) • O universo visto pelas lentes gravitacionais (Makler, 2009) • 5 conceitos que foram revolucionados pela Teoria da Relatividade Geral (Chinaglia, 2015) • Sonhos de um jovem visionário (Oliveira, 2007) • Relatividade geral: uma senhora centenária (Chinaglia, 2015) • Geometria, espaço-tempo e gravitação: conexão entre conceitos da relatividade geral (Falciano, 2009) • Discussão Dos Conceitos De Massa Gravitacional E De Massa Inercial (Castellani, 2001) • Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem (Guerra, 2007) • A Deflexão da Luz Pela Gravidade e o Eclipse de 1919 (Zylbersztajn, 1989) • Uma Discussão Sobre o Mapeamento Conceitual da Relatividade e da Cosmologia para o Ensino De Física Moderna e Contemporânea (Danhoni, 2005) • Einstein e o Eclipse de 1919 (Videira, 2005) 	<ul style="list-style-type: none"> • Física 2 – Gravitação, Ondas e Termologia (Luiz, 2007) • Fundamentos de Física Conceitual (Hewitt, 2008) • Quanta física (Kantor, 2010) • Física em Contextos: pessoal, social e histórico (Pietrocola, 2010) • Ser Protagonista – Física Ensino Médio (Válio, 2013) • Astronomia e astrofísica (Filho, 2004) • Cosmologia Física do Micro ao Macro Cosmos e vice-versa (Horvath et al, 2007) • Singh, S., Big Bang, Ed. Record, 2006. • Programa Mínimo de Cosmologia (Novello et al, 2010)

2.4 Cosmologia

Visando construir o tema de conhecimento que nos permita entender o Universo, o módulo cinco traz alguns tópicos do tema Cosmologia Moderna (Figura 2.10) baseados nos estudos da Teoria da Relatividade Geral.

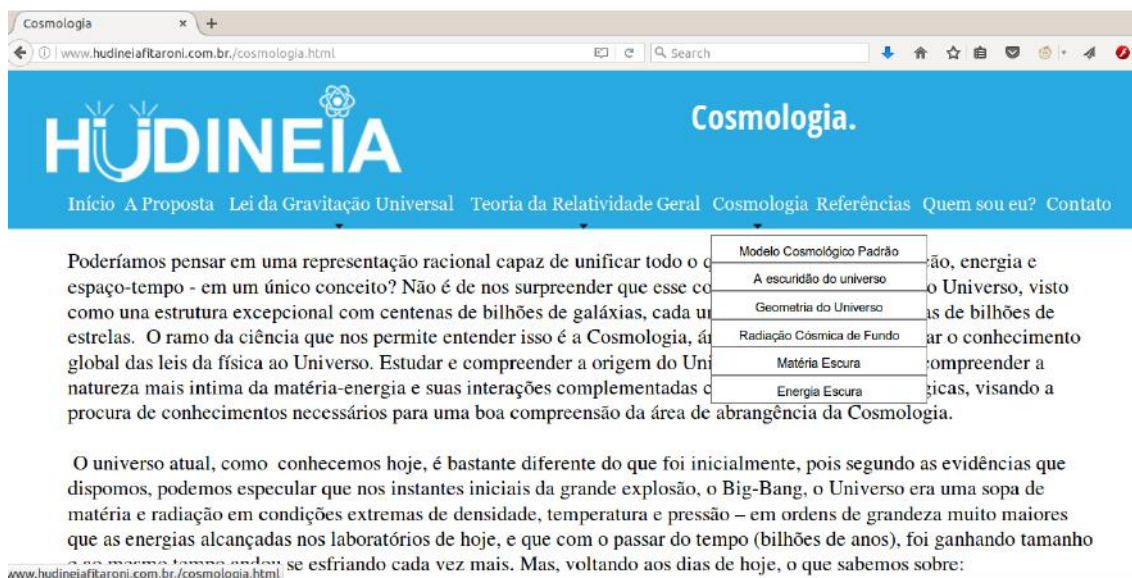


Figura 2.10: Introdução ao estudo da Cosmologia Moderna. Disponível em www.hudineiafitaroni.com.br/cosmologia.html

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Como o tempo para o professor trabalhar esses tópicos em sala de aula é reduzido, procuramos manter nosso foco nas ideias mais aceitas pela comunidade científica sobre modelos de universo, por isso apenas o Modelo Cosmológico Padrão é citado na hipermídia. Esse modelo tem como conceito fundamental o Princípio Cosmológico que sugere ser o Universo homogêneo e isotrópico em grandes escalas, tipicamente acima de centenas de Mpc² e alguns Gpc (Novello et al, 2010). A homogeneidade do Universo caracteriza-se por uma distribuição de matéria uniforme quando verificamos as observações astronômicas dos corpos celestes a partir de distâncias da ordem dos bilhões de anos-luz. Isso significa que, nessa escala, devemos observar uma distribuição aproximadamente igual de galáxias, aglomerados ou superaglomerados de galáxias em todas as partes do Universo, não havendo um local privilegiado. A isotropia do Universo diz respeito à falta de uma direção privilegiada para observar as propriedades

² Mpc: megaparsec - unidade de distância usada em trabalhos científicos de astronomia para representar distâncias estelares. Equivale a $3,08568 \times 10^{22}$ m

do Universo, ou seja, os fenômenos descritos dentro da nossa Galáxia seguem as mesmas leis que os mesmos fenômenos descritos em galáxias muito distantes independente da direção que o observador “olhe”.

O Paradoxo de Olbers e a explicação de por que o céu é escuro à noite também é um assunto que aguça a curiosidade dos estudantes, por isso tem aqui um tópico para ele, bem como a Radiação Cósmica de Fundo e a Geometria do Universo (Figura 2.11).

Afinal, qual é a geometria de nosso Universo?

A geometria do Universo depende da quantidade de energia que ele possui. Podemos dizer que a geometria determina o comportamento da matéria, a matéria determina a geometria e geometria e matéria determinam a evolução do Universo. O Universo é homogêneo e isotrópico em grandes escalas, como afirma o Modelo Cosmológico Padrão. Dentro desse Princípio existem apenas três possibilidades para a geometria do universo que são descritas no quadro abaixo.

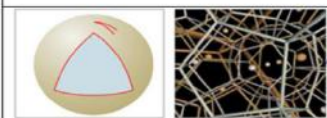

Geometria	Ângulo	Comprimento da circunferência	Tipo de Universo	Tamanho do Universo
	$> 180^\circ$	$C < 2\pi R$	Fechado	Finito
	$= 180^\circ$	$C = 2\pi R$	Plano	Infinito

Figura 2.11: A Geometria do Universo. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/geometria-do-universo.html>
 Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

O problema da massa faltante é discutido no tópico “matéria escura”, seguido de energia escura que juntos, hoje, são dois dos temas que mais intrigam os astrofísicos e cosmólogos. No Quadro 3 estão listados os textos, artigos e livros que fundamentaram a produção textual desse módulo.

Quadro 3: lista de referências utilizadas para construção do texto da hipermídia sobre Cosmologia.

Cosmologia	
Textos e Artigos	Livros
<ul style="list-style-type: none"> • Lentes gravitacionais mostram que a cosmologia está na rota correta (Space Today, 2010) • O universo visto pelas lentes gravitacionais (Makler, 2009) • O enigma da matéria escura (<i>Caraveo e Roncadelli, Scientific American Brasil</i>) • Radiação Cósmica de Fundo: Características e Atualidades (Marques, 2012) • A Cosmologia Contemporânea num Discurso Fragmentado dos Intérpretes: Os Professores (Martins, 2016) • A cosmologia (Rosenfeld, 2005) • O Universo como um Todo (Filho, 2016) • O futuro da matéria escura (Esteves, 2015) • Divulgado novo mapa da matéria escura no Universo (CBPF, 2014). 	<ul style="list-style-type: none"> • Física 2 – Gravitação, Ondas e Termologia (Luiz, 2007) • Fundamentos de Física Conceitual (Hewitt, 2008) • Quanta física (Kantor et al, 2010) • Ser Protagonista – Física Ensino Médio (Válio, 2013) • Astronomia e astrofísica (Filho, 2004) • Cosmologia Física do Micro ao Macro Cosmos e vice-versa (Horvath et al, 2007) • Singh, S., Big Bang, Ed. Record, 2006. • Programa Mínimo de Cosmologia (Novello et al, 2010)

3. Recursos interativos da hipermídia

Dentro dos módulos apresentados anteriormente, os usuários da hipermídia poderão encontrar diversos recursos interativos como vídeos, simuladores, *hiperlinks*, artigos científicos e animações. Essa interatividade permite que, através da ludicidade, o conceito científico relacionado ao tema proposto seja compreendido com maior facilidade.

Simulações e animações permitem que o usuário desfrute, virtualmente, de experiências que possibilitam a melhor compreensão de um fenômeno físico que seriam difíceis de ser realizadas no espaço físico escolar ou em outro lugar de seu cotidiano. Dentre elas podemos destacar o “Simulador Phet Colorado”³ sobre relação entre a interação gravitacional com massa e a distância como mostrado na Figura 3.1 e uma sequência da animação sobre a precessão de Mercúrio, ilustrada na Figura 3.2.

³ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

O simulador pode ser usado para determinarmos a relação entre as massas e as distâncias entre os corpos para que possamos entender como varia a intensidade da força gravitacional. Siga o roteiro abaixo, preenchendo a ficha que será entregue pelo professor como o modelo abaixo:

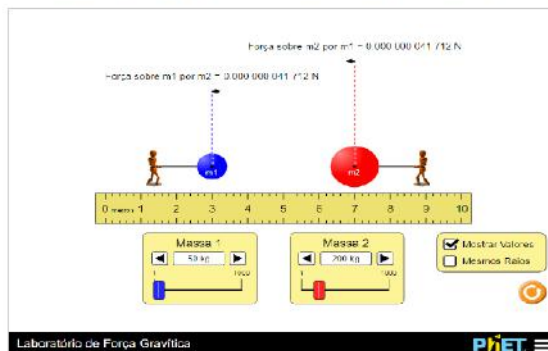


Figura 3.1: Simulador Phet Colorado sobre Lei da Gravitação Universal inserido na atividade 2 da Teoria da Gravitação Universal. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/atividade2.html>.

Fonte: elaborado pelo autor.

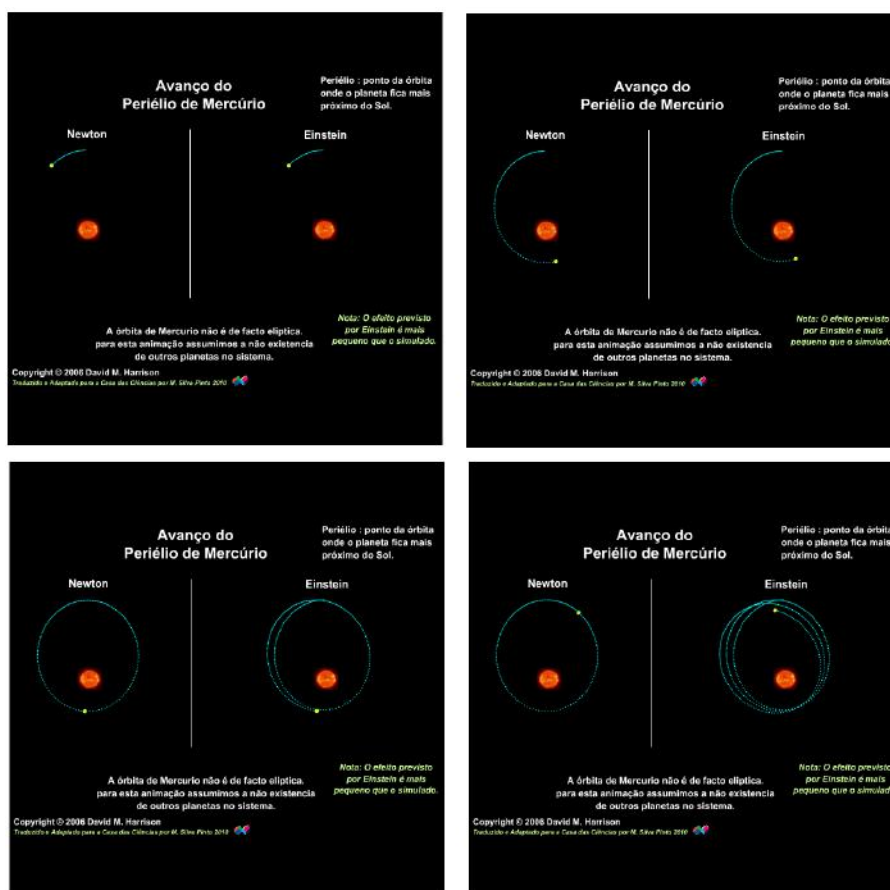


Figura 3.2: Animação que mostra a precessão de Mercúrio descrito no tópico “Princípio da Equivalência” do módulo Teoria da Relatividade Geral. Disponível em <http://imagem.casadasciencias.org/online/35333462/35333462.php>

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Ao acessar as páginas da hipermídia com simuladores, o visitante poderá encontrar roteiros para que, ao utilizá-lo, tenha uma sequência que o leve a construir o conceito científico ao qual se propõe. Por exemplo, a atividade do Foguete de Einstein, como mostrado na Figura 3.3, introduz o Princípio de Equivalência.

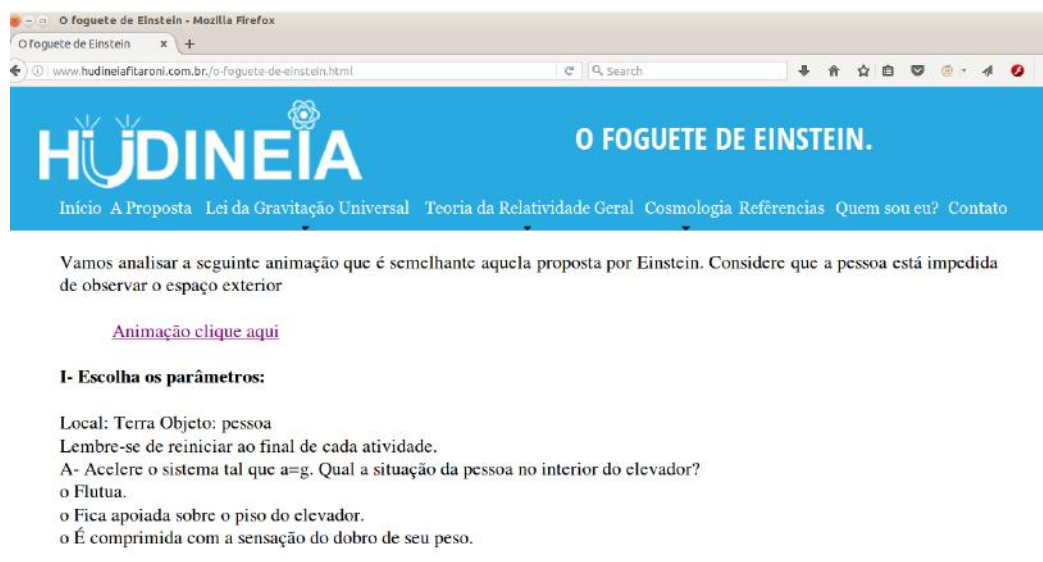


Figura 3.3: Atividade com simulador do tópico “O foguete de Einstein” do módulo Teoria da relatividade Geral referente ao experimento mental realizado por Einstein que o conduziu ao Princípio da Equivalência. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/o-foguete-de-einstein.html>.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Listamos a seguir o endereço eletrônico de todos os simuladores e animações encontradas na hipermídia.

<http://waowen.screaming.net/revision/force&motion/ncananim.htm>
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gravity-force-lab
https://www.youtube.com/watch?v=DoG_NGEcYqk
<http://e-escola.tecnico.ulisboa.pt/topico.asp?id=495&ordem=2>
<http://imagem.casadasciencias.org/online/35333462/35333462.php>

Vídeos foram inseridos na hipermídia para enriquecer e dar uma melhor compreensão dos fenômenos físicos, dando (re)significado ao tema, favorecendo a aprendizagem e a construção do conhecimento científico. Os vídeos têm como fonte o site www.youtube.com.br. Por exemplo, introduzimos o vídeo que simula a “gravidade zero” visando demonstrar tal fenômeno adequadamente (Fig. 3.4).

Listamos a seguir o endereço eletrônico de todos os vídeos encontrados na hipermídia.

<https://www.youtube.com/watch?v=756OOkmmHyE>
<https://www.youtube.com/watch?v=kmNF8uRxSWk>
<https://www.youtube.com/watch?v=2ohRnpKCHjs>
<https://www.youtube.com/watch?v=nN25YtXmAWs>
<https://www.youtube.com/watch?v=FdPZQEc1t6U>
<http://tvescola.mec.gov.br/tve/video/abc-da-astronomia-big-bang>
https://www.youtube.com/watch?v=OLQgI3_fnnI

Para que a compreensão do conteúdo também seja a partir da experiência real, vivenciada a partir de atividades práticas, a hipermídia traz dois roteiros de atividades para a construção do modelo científico acerca dos fenômenos lenteamento gravitacional e a curvatura espaço-tempo, este último mostrado na figura 3.4.

Ao longo do texto autoexplicativo do conteúdo, o visitante poderá encontrar *links* que o encaminharão a artigos publicados em revistas de divulgação científica com linguagem acessível para a faixa etária dos estudantes do Ensino Médio. Tais textos são seguidos de uma proposta de discussão do conteúdo nele proposto, levando os alunos a uma discussão do conhecimento científico a ser construído (ver Figura 3.5).



Assista o vídeo abaixo:

O que chamamos de gravidade zero não passa de uma sensação de ausência de peso por estarmos em queda livre juntamente com a superfície de apoio que nos sustentava.

Figura 3.4: Vídeo do tópico “gravidade zero” do módulo Teoria da Gravitação Universal, demonstrando uma queda livre para simular situações de imponderabilidade, conhecida como “gravidade zero”. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/gravidade-zero.html>.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Atividade 3

https://www.hudineiafitaroni.com.br/atividade-3.html

HUDINEIA

Atividade - Curvando o espaço tempo

Início A Proposta Quem sou eu? Teoria da Gravitação Universal Teoria da Relatividade Geral Cosmologia Contato

A CURVATURA DO ESPAÇO E A GRAVIDADE

A Teoria da Relatividade Geral de Einstein afirma que os efeitos da gravidade podem ser descritos em termos da curvatura do espaço e do tempo juntos. Essa nova concepção de espaço quadridimensional, chamado espaço-tempo, seria formado por três dimensões de espaço combinadas com uma dimensão de tempo, compondo um universo 4-D. A Relatividade Geral de Einstein une a curvatura do espaço-tempo com a distribuição da matéria e da energia no universo. Pode-se dizer que a massa (a fonte do campo gravitacional) diz ao espaço-tempo como curvar e esse diz à matéria (qualquer corpo massivo ao lado da fonte de massa) como se mover.

A atividade abaixo irá simular as ideias de Einstein para o espaço-tempo.

MATERIAL :

- um aro de cano pvc com, aproximadamente, 1m de diâmetro;
- 2m de tecido elástico tipo malha em lycra;
- esferas de diferentes massas e diâmetros, como bolas de gude, e um bolão de meia com areia e pedras.



Figura 3.5: Atividade prática sobre a curvatura do espaço-tempo e sua influência na gravitação inserida no tópico “ Eclipse de Sobral – atividade 3”. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/atividade-3.html>.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

HUDINEIA

Teoria da Relatividade Geral.

Início A Proposta Quem sou eu? Teoria da Gravitação Universal Teoria da Relatividade Geral Cosmologia Contato

Lendo o texto "[A força criadora do universo](#)" podemos ter uma visão geral das ideias de Newton e de Einstein sobre a gravidade.

Faça uma leitura do texto e estabeleça um quadro comparativo com as principais ideias dos dois cientistas sobre a gravidade.

Vamos entender um pouco mais sobre a Relatividade Geral.

Um pensamento feliz, segundo o próprio Einstein, foi o que o levou a dar o pontapé inicial para descrever sua teoria.

“ Eu estava sentado numa cadeira no departamento de patentes, em Berna, quando de repente ocorreu-me uma ideia: ‘Quem estiver em queda livre não sentirá seu próprio peso.’ Fiquei surpreendido. Esse pensamento simples causou-me profunda impressão. Impeliu-me na direção de uma teoria da gravitação.” (Einstein)

Esse pensamento abriu as portas para que Einstein construísse as bases de sua teoria com um exercício de pensamento simples: [o foguete de Einstein](#).

Prof. Hudineia Fitaroni
email: hffsouza01@hotmail.com

Figura 3.6: Sugestão de leitura do texto “A força criadora do universo” da revista eletrônica Ciência Hoje cujo hiperlink redireciona o usuário diretamente para a reportagem da revista. Disponível em <https://www.hudineiafitaroni.com.br/teoria-da-relatividade-geral.html>

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

4. Aplicação da Hipermídia

Para a aplicação do produto, a metodologia utilizada em cada etapa estava em concordância com a teoria proposta por David Ausubel (1968) para a aprendizagem significativa, constando de pré-testes; utilização de textos, vídeos ou simuladores como organizadores prévios para a introdução dos temas; discussão dos temas e realização das atividades como organizadores explicativos durante a utilização da hipermídia; aplicação do pós-teste e avaliação do produto pelos alunos.

Sugerimos que o trabalho com a hipermídia seja constituída de três etapas distintas de forma semelhante àquelas utilizadas por Artuso (2006) e Joaquim (2013) em seus trabalhos: a primeira constituída de uma entrevista e um pré-teste; a segunda foi o próprio desenvolvimento das atividades com a utilização da hipermídia; a terceira constituiu-se de um pós-teste e de uma entrevista para avaliação do produto apresentado. As etapas sugeridas encontram-se detalhadas a seguir.

4.1 Levantamento do perfil e pré-teste

Na primeira etapa, o objetivo da entrevista, feita através de um questionário, era o levantamento do perfil do aluno quanto a sua relação com a física e com o uso da internet. O levantamento do perfil dos alunos, através do questionário 1, contou com onze perguntas objetivas que permitiram conhecermos o interesse do aluno pelo estudo da Física e sua relação com a internet e suas ferramentas.

Questionário 1

Nome: _____

Data de nascimento: ____/____/____

1- Local em que cursou o Ensino Fundamental:

- todo em escola pública estadual.
- parte em escola pública estadual e parte em escola pública municipal.
- todo em escola pública municipal.
- parte em escola pública(estadual ou municipal) e parte em escola particular.
- todo e escola particular.

2- Dentre as disciplinas abaixo que você estuda esse ano, numere-as de 1 a 10, entendendo ser a número 1 a que você menos gosta e 10 a que você mais gosta:

- Português Inglês História Geografia
 Matemática Física Química Biologia
 Sociologia Filosofia

3- Em uma escala de 0 a 10, qual a sua nota para o seu gosto em estudar Física?

Considere zero = odeio e dez = gosto muito de Física. Circule a nota escolhida:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4- Assinale as formas que você utiliza com frequência para estudar para as provas de física. Marque 1 para a mais frequente, 2 para a segunda menos frequente e assim sucessivamente. Não é necessário assinalar todas as opções:

- uso meus exercícios e anotações no caderno.
 uso meu livro didático.
 uso livros da biblioteca (da escola ou de outras bibliotecas).
 uso livros didáticos diferentes do adotado que possuo.
 tenho aulas de reforço e estudo com o meu professor particular.
 estudo com colegas.
 acesso vídeo-aulas.
 busco exercícios e tutoriais na internet.
 outros. _____

5.a- Você tem acesso a computador?

- sim não

5.b- Onde?

- casa lan house escola
 casa de colegas cursos

5.c- Com que frequência?

- Diariamente.
- 1 vez por semana.
- 2 a 3 vezes por semana.
- 4 a 6 vezes por semana.

6- O que você sabe fazer ao utilizar o computador?

- Navegar na internet.
 - Enviar e receber e-mails.
 - Fazer uma pesquisa na internet utilizando sites de busca como Google e Yahoo.
 - Utilizar um editor de texto como o Word.
 - Utilizar planilhas eletrônicas como o Excel.
 - Jogar virtualmente.
 - Utilizar redes sociais.
 - Outro.
-

7- Algum professor já solicitou que você utilizasse programas de computador ou Internet em alguma aula na sua escola?

- Os dois.
- Internet.
- Programas de computador.
- Nenhum dos dois.

8- Você tem acesso à Internet:

- Não.
- Raramente.
- Em alguns momentos da semana.
- Diariamente.

9- Quando você tem acesso à Internet é mais comum ser:

- Wifi
- 3G
- 4G

10- Ao acessar a Internet, quais as suas principais atividades?

- Visitar portais ou páginas de entretenimento.
- Fazer *download* de jogos ou jogar *online*.
- Acessar as redes sociais como *Facebook*, *Twitter*, *snapchat*, *Messenger*, *Whatsapp*, *Skype* ou outro semelhante.

- () Fazer pesquisas escolares.
- () Pesquisar assuntos de interesse escolar.
- () Construir ou atualizar *blogs, sites, vlogs* etc.
- () Baixar filmes, séries, músicas etc.
- () Enviar ou receber *e-mails*.
- () Compras ou vendas *online*.
- () Outras. _____

11- Ao fazer uma busca na Internet, como ao realizar uma pesquisa escolar ou uma página de um amigo em uma rede social, em uma escala de 0 a 5, que nota você daria para seus resultados? Considere zero = nunca consigo encontrar o que busco e cinco = sempre obtenho sucesso nas buscas.

0 1 2 3 4 5

A seguir foi aplicado um pré-teste para levantamento dos conhecimentos prévios sobre os temas gravidade, relatividade e universo que seriam subsunçores para a construção do conhecimento acerca da gravitação.. As questões propostas no Questionário 2 repetem-se no Questionário 3, sendo que neste último mais quatro questões foram acrescentadas.

Questionário 2

Nome: _____

Tem por objetivo analisar os conhecimentos prévios dos alunos participantes acerca dos temas força, gravidade, relatividade, universo que serão subsunçores para a construção do conhecimento proposto na hipermídia.

- 1- Imagine que uma maçã tenha se soltado do galho da macieira e está caindo em direção ao solo. Por que todos os corpos caem em direção ao solo como a maçã quando estão na Terra?



2- Observe a imagem abaixo:

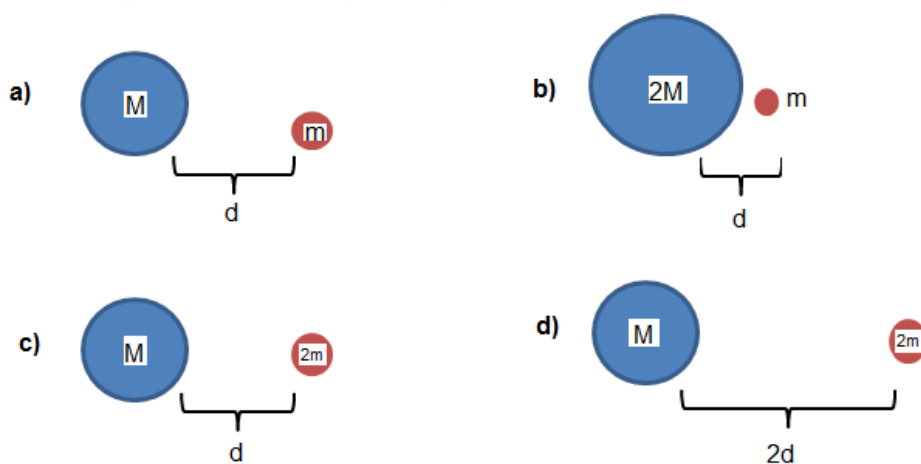


Por que o astronauta “flutua” no espaço?

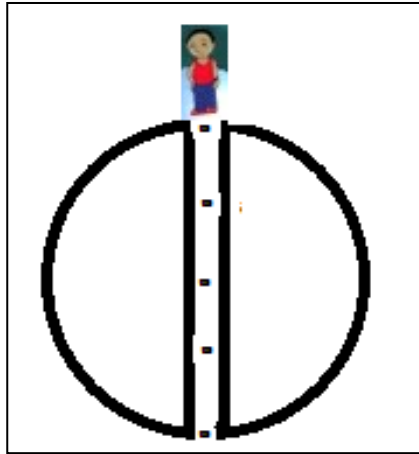
3- Para você o que é a gravidade?

4- Você já deve ter ouvido falar que na Lua a gravidade é bem menor do que na Terra. Proponha uma explicação para esse fato:

5- Um planeta e sua Lua se atraem gravitacionalmente. Ordene, em sequência decrescente, as forças atrativas entre cada par de corpos celestes mostrados na figura.



- 6- Imagine que você caia em um túnel perfurado através da Terra, ligando um lado ao outro da Terra. Desprezando todas as impossibilidades de tal ato, supondo ser a Terra um bloco de rocha homogêneo e frio, você diria que:



- (a) você cairia com velocidade constante até o outro lado e pararia na borda oposta.
- (b) Você cairia aceleradamente e sua velocidade aumentaria até chegar a borda oposta e então escaparia para o espaço.
- (c) Você cairia desacelerando até chegar ao centro, onde pararia.
- (d) Você cairia e a gravidade iria te acelerar até o centro e desacelerar a partir daí até a borda oposta, quando então ela te “puxaria” novamente e o processo reiniciaria, ficando você em um movimento de vai e vem constante entre uma borda e outra.

- 7- Imagine um raio laser superpotente, capaz de viajar pelo espaço. Para esse raio de luz, necessariamente:

- (a) ele só poderia viajar em linha reta, logo seria impedido de continuar viajando ao encontrar um astro qualquer que servisse de obstáculo.
- (b) ele poderia viajar em linha reta, atravessando os obstáculos como planetas, asteroides, estrelas, etc.
- (c) ele seria capaz de curvar em determinadas situações e contornar astros como planetas e estrelas.
- (d) impossível saber o que aconteceria com esse raio de luz.

8- O Universo surgiu há milhões de anos atrás. Somos um pontinho insignificante nessa imensidão cósmica. Porém, se fosse possível observarmos o universo de fora, ele provavelmente seria:

- (a) esférico. (b) cilíndrico. (c) plano. (d) hiperbólico.

9- O universo é um aglomerado de astros, poeira cósmica, energia e outros elementos mais. Podemos dizer que as estrelas e as galáxias entre si que formam o universo estão:

- (a) mantendo a mesma distância entre si desde que se formaram.
(b) estão afastando-se umas das outras, pois o universo está se expandindo.
(c) estão aproximando-se umas das outras pois o universo está voltando à situação inicial, antes de sua formação.
(d) nada sei a esse respeito.

10- Dentre as situações abaixo, assinale aquelas que podem ser associadas ao conceito de gravitação.

- () O peso de um automóvel. () O aquecimento global.
() O lançamento de mísseis. () O surgimento de estrelas.
() As marés. () A erupção vulcânica.
() O movimento de translação dos planetas em torno do Sol.
() As constelações. () Os buracos negro

4.2 Utilizando a hipermídia

A segunda etapa constituiu-se de encontros com os alunos para utilização da da hipermídia e desenvolvimento das atividades propostas em seu teor. Durante essa etapa o professor deverá ser apenas o mediador de uma práxis pedagógica de pesquisa e situações problematizadoras encontradas na hipermídia. Sugerimos que os alunos trabalhem em duplas, utilizando seus *notebooks* pessoais ou laboratório de informática. A seguir temos os planos de aula segundo o princípio da diferenciação progressiva dos conceitos envolvidos (Moreira, 1979) como direcionamento para os atendimentos. Nessa etapa, os alunos foram orientados a fazer o acesso da hipermídia na sequência descrita na seção 2, ou seja, na ordem em que os módulos e tópicos foram estabelecidos, pois tal sequência foi estruturada de maneira a proporcionar a inserção gradual dos conteúdos constituintes do tema, seguindo uma ordem cronológica em que se deu a evolução histórica das teorias apresentadas.

Plano de aula

Aula 1

Objetivo Geral – Compreender a Lei da Gravitação Universal, o que é campo gravitacional e imponderabilidade dos corpos.

CONTEÚDOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS	ESTRATÉGIAS E RECURSOS	AValiação
1- Apresentação da hipermídia	Apresentar o produto e conhecer seu funcionamento.	Exposição oral sobre a hipermídia e demonstração de alguns objetos que eles encontrarão ao navegar por ela, como redirecionamento de páginas, vídeos, simuladores, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos
2- As ideias de um grande homem	Identificar quais foram as primeiras ideias de Newton sobre a força gravitacional a partir de um experimento mental.	Utilização do simulador “Canhões de Newton” e realização da atividade proposta para o mesmo. Discussão oral sobre os fenômenos observados com o simulador.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Preenchimento da ficha de acompanhamento da atividade.
3- Lei da gravitação Universal	Perceber as relações de massa e distância na interação gravitacional. Compreender a Lei da Gravitação Universal.	Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia. Realização das atividades propostas para o simulador “Phet Colorado” inserido na atividade 2.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos. Preenchimento da ficha de acompanhamento da atividade.
4-Campo gravitacional	Tomar conhecimento do que é gravidade e da atuação de forças de campo.	Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos
5-Gravidade zero	Perceber que não existe gravidade zero e que esta é um fenômeno chamado imponderabilidade dos corpos.	Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia. Vídeo “Zero G”.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos e discussão do vídeo.

Aula 2

Objetivo Geral – Introdução da Teoria da Relatividade Geral.

CONTEÚDOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS	ESTRATÉGIAS E RECURSOS	AVALIAÇÃO
1-Teoria da Relatividade Geral	Conhecer a evolução dos conceitos propostos por Einstein em confronto com as ideias de Newton para a gravidade.	Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia e do texto “A força criadora do universo”. Elaboração do quadro comparativo acerca das ideias de Newton e Einstein apresentadas no texto.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos. Discussão do quadro comparativo.
2- O Foguete de Einstein, Princípio da Equivalência, deflexão da luz e o Eclipse de sobral.	Conhecer o exercício de pensamento utilizado por Einstein para explicar suas ideias. Compreender o Princípio da Equivalência. Apresentar as investigação realizada pela equipe de Einstein para provar, através da observação de um eclipse, que a luz poderia ser atraída pela gravidade devido a curvatura do espaço-tempo.	Utilização da animação “O foguete de Einstein”. Leitura do texto referente ao tema encontrado na hipermídia. Vídeo “Do eclipse ao mito”. Atividade experimental: A curvatura do espaço-tempo e a gravidade. Vídeo: Teoria da Relatividade – o espaço-tempo.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. • Bolas de gude. • Bastidor de madeira para bordado. • Malha elástica. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos e discussão sobre os vídeos. Relatório da atividade experimental.

Aula 3

Objetivo Geral – Conhecer os testes que comprovaram a Teoria da Relatividade e o fenômeno das lentes gravitacionais.

CONTEÚDOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS	ESTRATÉGIAS E RECURSOS	AValiação
1- Precessão de Mercúrio	Perceber que a curvatura do espaço-tempo provoca um leve desvio da órbita, chamado de precessão, que torna-se mais intenso quanto mais próximos estivermos do centro gravitacional.	Leitura do texto da hipermídia. Animação simuladora da órbita de Mercúrio na concepção da mecânica de Newton e Einstein.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos
2- O desvio da luz para o vermelho	Compreender que a luz pode mudar sua frequência ao se aproximar ou se afastar de um centro gravitacional.	Leitura do texto da hipermídia. Vídeo: Does gravity change colors?	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos e discussão do vídeo.
3- Lentes gravitacionais	Compreender o fenômeno que permite observar astros fora do campo de observação direta através do desvio da luz pela gravidade.	Leitura do texto da hipermídia. Simulação do fenômeno de lentes gravitacionais. Atividade experimental “Simulando lentes gravitacionais com taças de vidro”.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. • Folha quadriculada. • Taça de vidro para vinho. • Água. • Vinagre. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos. Preenchimento da ficha de acompanhamento da atividade.

Aula 4

Objetivo Geral – Apresentar tópicos da Cosmologia Moderna.

CONTEÚDOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROCEDIMENTOS	ESTRATÉGIAS E RECURSOS	AValiação
1- Modelo Cosmológico Padrão	Compreender o modelo cosmológico mais aceito pela comunidade científica.	Leitura do texto da hipermídia. Leitura do artigo “Vestígios do Big Bang”. Vídeo: ABC da Astronomia III: Big Bang.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos Resenha do texto.
2- A escuridão do universo	Conhecer o Paradoxo de Olbers.	Leitura do texto da hipermídia. Vídeo: O Paradoxo de Olbers.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos e discussão do vídeo.
3- A Geometria do Universo	Descrever a geometria do universo em grandes escalas	Leitura do texto da hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos.
4- Radiação Cósmica de Fundo	Entender o que é a radiação cósmica de fundo e compreender sua importância para os estudos da evolução cósmica.	Leitura do texto da hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos.
5- Matéria escura	Compreender o problema da massa faltante.	Leitura do texto da hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos.
6- Energia escura	Compreender a composição do universo e a expansão acelerada do cosmos.	Leitura do texto da hipermídia.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador. • Tv. • Internet/hipermídia. 	Observação e acompanhamento do professor. Comentário dos alunos.

4.3 Avaliação

Na terceira etapa aplicamos um pós-teste - questionário 3 - com o objetivo de avaliar a validade do uso da hipermídia na modificação da estrutura cognitiva dos alunos, como se pretendia, para a construção do conceito cientificamente aceito acerca da gravitação, o que Ausubel chama de reconciliação integrativa (Moreira, 1979).

Para avaliarmos o desenvolvimento da estrutura cognitiva dos alunos participantes acerca do tema gravitação, as questões de 1 a 8 do pós-teste referem-se aos conceitos da Mecânica Clássica, baseadas na Lei da Gravitação Universal formulada por Newton no século XVII e publicada em seu livro *Philosophiae Naturalis Principia*. A partir da questão 9 trata-se dos conceitos de Cosmologia Moderna e da gravidade no contexto da Teoria da Relatividade de Einstein.

É importante ressaltar que os alunos já devam trazer consigo conhecimentos sobre as Leis de Kepler, comumente trabalhadas na unidade anterior ao tema gravitação e não incluídas na hipermídia. Esses conhecimentos são importantes para que se possa compreender a construção da Lei da Gravitação Universal.

Em seguida, propõe-se uma avaliação da Hipermídia enquanto objeto de aprendizagem feita pelos alunos através do questionário 4.

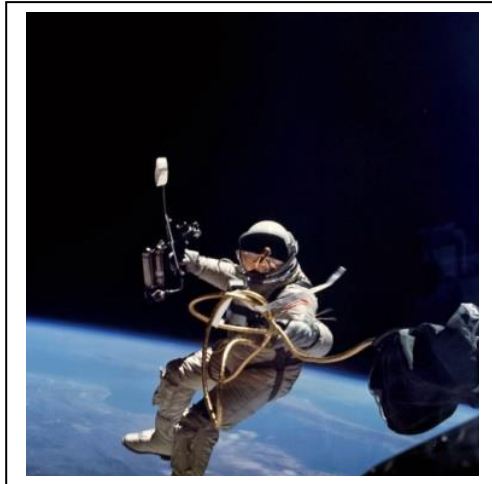
Questionário 3

Nome: _____

- 1- Imagine que uma maçã tenha se soltado do galho da macieira e está caindo em direção ao solo. Por que todos os corpos caem em direção ao solo como a maçã quando estão na Terra?



2- Observe a imagem abaixo:



Por que o astronauta “flutua” no espaço?

- Porque não há ar.
- Porque a gravidade é menor no espaço.
- Porque tanto o astronauta quanto a espaçonave estão em queda livre em relação ao espaço.
- Porque não há gravidade.

3- Para você o que é campo gravitacional?

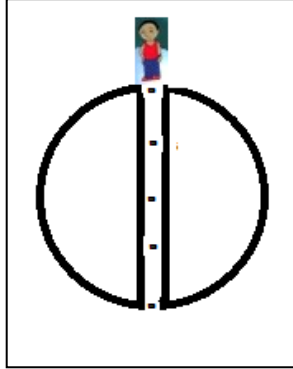
4- Você já deve ter ouvido falar que na Lua a gravidade é bem menor do que na Terra. Proponha uma explicação para esse fato:

- 5- Três satélites – I, II e III – movem-se em órbitas circulares ao redor da Terra.
- O satélite I tem massa m e os satélites II e III têm, cada um, massa $2m$.
- Os satélites I e II estão em uma mesma órbita de raio r e o raio da órbita do satélite III é $r/2$.
- Sejam F_I , F_{II} e F_{III} módulos das forças gravitacionais da Terra sobre, respectivamente, os satélites I, II e III.
- Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que:



- (a) $F_I = F_{II} < F_{III}$.
- (b) $F_I = F_{II} > F_{III}$.
- (c) $F_I < F_{II} < F_{III}$.
- (d) $F_I < F_{II} = F_{III}$.
- (e) $F_I = F_{II} = F_{III}$.
- 6- Qual a relação entre as massas dos corpos e a força gravitacional segundo a LGU?
- 7- Qual a relação entre a distância entre os corpos e a força gravitacional segundo a LGU?

- 8- Imagine que você caia em um túnel perfurado através da Terra, ligando um lado ao outro da Terra. Desprezando todas as impossibilidades de tal ato, supondo ser a Terra um bloco de rocha homogêneo e frio, você diria que:



- (a) você cairia com velocidade constante até o outro lado e pararia na borda oposta.
- (b) você cairia aceleradamente e sua velocidade aumentaria até chegar a borda oposta e então escaparia para o espaço.
- (c) você cairia desacelerando até chegar ao centro, onde pararia.
- (d) você cairia e a gravidade iria te acelerar até o centro e desacelerar a partir daí até a borda oposta, quando então ela te “puxaria” novamente e o processo reiniciaria, ficando você em um movimento de vai e vem constante entre uma borda e outra.
- 9- Imagine um raio laser superpotente, capaz de viajar pelo espaço. Para esse raio de luz, necessariamente:
- (a) ele só poderia viajar em linha reta, logo seria impedido de continuar viajando ao encontrar um astro qualquer que servisse de obstáculo.
- (b) ele poderia viajar em linha reta, atravessando os obstáculos como planetas, asteroides, estrelas, etc.
- (c) ele seria capaz de curvar em determinadas situações e contornar astros como planetas e estrelas.
- (d) impossível saber o que aconteceria com esse raio de luz.

10- O Universo surgiu há bilhões de anos atrás. Somos um pontinho insignificante nessa imensidão cósmica. Porém, se fosse possível observarmos o universo de fora, ele provavelmente seria:

- (a) esférico. (b) cilíndrico. (c) plano. (d) hiperbólico.

11- O universo é um aglomerado de astros, poeira cósmica, energia e outros elementos mais. Podemos dizer que as estrelas e as galáxias entre si que formam o universo estão:

- (a) mantendo a mesma distância entre si desde que se formaram.
(b) estão afastando-se umas das outras, pois o universo está se expandindo.
(c) estão aproximando-se umas das outras pois o universo está voltando à situação inicial, antes de sua formação.
(d) nada sei a esse respeito.

12- Dentre as situações abaixo, assinale aquelas que podem ser associadas ao conceito de gravitação.

- () O peso de um automóvel. () O aquecimento global.
() O lançamento de mísseis. () O surgimento de estrelas.
() As marés. () A erupção vulcânica
() O movimento de translação dos planetas em torno do Sol. .
() As constelações. () Os buracos negro

13- A Teoria da Relatividade Geral descreve as interações gravitacionais a partir de uma nova perspectiva se comparada à Lei da Gravitação Universal (LGU). Assinale o que for de pertencimento à Teoria da Relatividade Geral:

- () Espaço e tempo absolutos.
() Força gravitacional descrita como interação das massas dos corpos.
() O valor da massa não muda com o estado dinâmico.
() Força gravitacional descrita como uma modificação da geometria do espaço-tempo provocada pela massa que ela contém e a deforma.
() O valor da massa inercial aumenta com a velocidade e tende ao infinito na velocidade da luz.

14- (ENADE – 2005 LIC) Vários resultados recentes da cosmologia observacional indicam a existência de buracos negros no núcleo ativo de galáxias. A densidade de um buraco negro pode ser estimada, de acordo com a lei da Gravitação Universal de Newton, calculando-se a velocidade de escape de uma "partícula" deslocando-se com a velocidade da luz, no campo gravitacional do buraco negro. Pode-se afirmar que a existência de buracos negros:

- (a) é inteiramente previsível a partir da Teoria da Gravitação de Newton
- (b) poderia ter sido inferida a partir das leis de Kepler para o movimento de corpos celestes.
- (c) somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Restrita, com a imposição da constância da velocidade da luz.
- (d) somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Restrita, acrescentada da Teoria Quântica para emissão de corpos negros.
- (e) somente se tornou previsível a partir da formulação da Teoria da Relatividade Geral.

Questionário 4

Nome: _____

1- Para você a utilização do computador em sala de aula foi:

- estimulante indiferente prejudicial

2- Sobre o material utilizado classifique os conteúdos abordados durante o curso, com a proposta do mesmo:

- Ótimo. Bom. Regular. Ruim. Péssimo.

3- A abordagem dos conteúdos facilitaram a construção do conhecimento sobre gravitação?

- Sim. Não. Parcialmente.

4- Os materiais didáticos disponibilizados tinham clareza e eram abrangentes?

- Ótimo. Bom. Regular. Ruim. Péssimo

5- A quantidade de atividades ao longo do produto foi:

Ótimo. Bom. Regular. Ruim. Péssimo.

6- A qualidade das atividades ao longo do produto foi:

Ótimo. Bom. Regular. Ruim. Péssimo.

7- Você faria outro curso utilizando esses recursos?

Sim. Não.

Justifique.

8- Como você classificaria sua atenção durante a aula com o uso da internet comparada com suas aulas normais?

Ótimo. Bom. Regular. Ruim. Péssimo.

9- Você se distraía muito utilizando o computador em sala de aula?

Sempre. Às vezes. Não.

10- Você se perdia na navegação da hipermídia e/ou nos *hiperlinks*, saindo dos sites sugeridos para procurar outras fontes?

Sempre. Às vezes. Não.

11- Você recomendaria esse tipo de aula com uso de internet para outros professores?

Sempre. Às vezes. Não.

12- Como você considera a interação com os colegas que fizeram o curso, durante o mesmo?

Ótimo. Bom. Regular. Ruim. Péssimo.

13- As intervenções feitas pelo professor favoreceram a sua aprendizagem com relação aos assuntos tratados no curso?

Sim. Não. Às vezes 3.

14- O formato do curso favoreceu sua aprendizagem?

Sim. Não. Parcialmente.

15- Que atividade você mais gostou na hipermídia?

16- O tempo previsto para a realização das atividades no curso foi suficiente?

Sim.

Não.

Não, poderia ser menor .

Não, poderia aumentar

17- O ritmo de estudo exigido pelo curso sobre relatividade foi adequado ao seu ritmo de aprendizagem?

Sim

Sim, mediante grande esforço

Não, poderia ser mais rápido

Não, poderia ser mais lento

Esperamos que, dessa forma tenhamos uma aprendizagem mais efetiva e significativa que, segundo Ausubel *et al* (1980), ficará retida no cognitivo do aluno por um tempo maior se comparado com aqueles tratados de forma convencional em sala de aula.

Referências Bibliográficas

- Alves, G. (2016). Cientistas varrem céu para tentar entender energia escura. Retirado de <http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2016/04/1763988-cientistas-varrem-ceu-para-entender-teia-cosmica-de-energia-escura.shtml>
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology: a cognitive view*. (1 st ed) New York: Holt, Rinehart and Winston, p.78, 1968. In MOREIRA, M. A. (1981) *Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos*. Editora Moraes: São Paulo, p.71.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro, RJ: Interamericana.
- Artuso, A.R. (2006). *O uso da hipermídia no ensino de Física: possibilidades de uma aprendizagem significativa* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná). Recuperado de http://www.pppe.ufpr.br/teses/M06_artuso.pdf
- Caraveo, P.& Roncadelli, M., (n.d.). *O enigma da matéria escura*. Scientific American Brasil. Recuperado de http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/o_enigma_da_materia_escura
- Castellani, O. C. (2001). *Discussão dos conceitos de massa gravitacional e de massa inercial*. Revista Brasileira de Ensino de Física 23 (3), 356.
- Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (2014). *Divulgado novo mapa da matéria escura no Universo*. Recuperado de <http://portal.cbpf.br/noticia/divulgado-novo-mapa-da-materia-escura-no-universo-/692>
- Chinaglia, M. (2015). *Relatividade geral: uma senhora centenária*. Recuperado de <http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2015/11/relatividade-geral-uma-senhora-centenaria.html>
- Chinaglia, M., (2015). 5 conceitos que foram revolucionados pela Teoria da Relatividade Geral. Recuperado de <http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2015/11/5-conceitos-que-foram-revolucionados-pela-teoria-geral-da-relatividade.html>
- Danhoni, M.C., Neves, F. R., Pedrochi, F., Oliveira, J.H.L., Zolin, M., Sanches, M.B ... & S.O., Bianchi, V.(2005). Uma Discussão sobre o Mapeamento Conceitual da Relatividade e da Cosmologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea. In 5º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, SP: ABRAPEC. Retirado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p338.pdf>

- Esteves, B. (2015). *O futuro da matéria escura*. Recuperado de http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/854/n/o_futuro_da_materia_escura
- Falciano, F.T. (2009). *Geometria, espaço-tempo e gravitação: conexão entre conceitos da relatividade geral*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 31(4), 4308-4317.
- Filho, K. S.O.(2016) O Universo como um Todo. Retirado de <http://astro.if.ufrgs.br/univ/>
- Filho, K. S. O. & Saraiva, M.F.O. (2004). *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física.
- Guerra, A., Braga, M. & Reis, J.C.(2007). *Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 29(4), 575-583.
- Hewitt, P. G.(2008). *Fundamentos De Física Conceitual*. Porto Alegre,RS: Editora Bookman.
- Horvath, J., Lugones,G., Allen, M.P., Júnior, S.S. & Teixeira, R.(2007). *Cosmologia Física do Micro ao Macro Cosmos e vice-versa*. São Paulo, SP: Ed. Livraria da Física.
- Joaquim, W.M. (2013). *Ensinando a Teoria da relatividade por meio de um Sistema Hipermídia* (Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais). Retirado de http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat_JoaquimWM_1.pdf
- Kantor, C. A., Júnior, L.A.P., Menezes, L.C., Bonetti, M.C., Júnior, O.C. & Alves, V.M., (2013). *Quanta Física*. São Paulo, SP: Editora Pearson.
- Lentes gravitacionais mostram que a cosmologia está na rota correta* (2010). Space Today. Retirado de <http://spacetoday.com.br/lentes-gravitacionais-mostram-que-a-cosmologia-esta-na-rota-correta/>
- Luiz, A. M. (2007). *Física 2 – Gravitação, Ondas e Termologia*. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física.
- Makler, M.(2009). *O universo visto pelas lentes gravitacionais*. Ciência Hoje, 44(264), 28-33.
- Marques, T. (2012). *Radiação Cósmica de Fundo: Características e Atualidades*. Caderno de Física da UEFS, 10(01 e 02). Retirado de <http://dfis.uefs.br/caderno/vol10n12/a5TamilaRadiacao.pdf>
- Martins, M.R. & Neves, M.C.D. (2016). *Cosmologia Contemporânea num Discurso Fragmentado dos Intérpretes: Os Professores*. In: 5º Simpósio Nacional de Ensino de

- Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa, PR.. Retirado de <http://www.sinect.com.br/2016/selecionados.php>
- Moreira, M.A. (1979). *A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física*. Revista Brasileira de Física, 9(1), 275-292.
- Moutinho, S. (2014). Vestígios do Big-Banh. Retirado de http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2082/n/vestigios_do_big_bang
- Novello, M., Neto N.P; Bergliaffa, S. E. P. et al (2010). *Programa Mínimo de Cosmologia*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Jauá.
- Oliveira, A. (2009). As escuras noites de inverno. Retirado de http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2798/n/as_escuras_noites_de_inverno/Post_page/53
- Oliveira, A. (2010). *A força criadora do universo*. Ciência Hoje. Retirado de http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2789/n/a_forca_criadora_do_universo
- Oliveira, A. (2011). *Uma questão de ponto de vista*. Ciência Hoje. Retirado de http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2772/n/uma_questao_de_ponto_de_vista
- Pérez, D. G.; Senet, F.; Solbes, J. (1987). *La introduccion a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual*. Enseñanza de las Ciencias, Barcelola, n. extra, 189-195.
- Pietrocola, M., Pogibin A., Andrade, R. & Romero, T.R. (2013). *Física em Contextos: pessoal, social e histórico*. Rio de Janeiro, RJ: Editora FTD.
- Porto, C.M. & Porto M.B.D.S.M. (2008). Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30 (1). Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172008000100017>
- Rego, R. (2013). *Da Gravitação de Newton à Relatividade de Einstein*. Retirado de <http://cienciaetecnologias.com/gravidade/>
- Renn, J.; Sauer, T. & Stachel, J. (1997). *The Origin of Gravitational Lensing: A Postscript to Einstein's 1936 Science Paper*, Science, 275, 184
- Rosenfeld, R. (2005). *A cosmologia*. Física na Escola, 6(1), 31-37.
- Singh, S. (2006). *Big Bang*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Record.
- Terrazzan, E.A. (1992). A inserção da Física Moderna e Contemporânea na escola de 2º Grau. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 9 (3), 209-214.

- Valadares, E. C.; Moreira, A. M. (1998). *Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 15 (2),121-135.
- Válio, A.B.M., Fukui, A., Ferdinian, B., Oliveira, G.A., Molina, M.M. & Oliveira, V.S.(2013). *Ser Protagonista – Física Ensino Médio* (2ª ed., Vol. 3).São Paulo, SP: Edições SM.
- Videira, A.A.P. (2005). *Einstein e o Eclipse de 1919*. Física na Escola, 6(1), 83-87
- Zylbersztajn, A., (1989). *A Deflexão da Luz pela Gravidade e o Eclipse de 1919*. Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis, 6